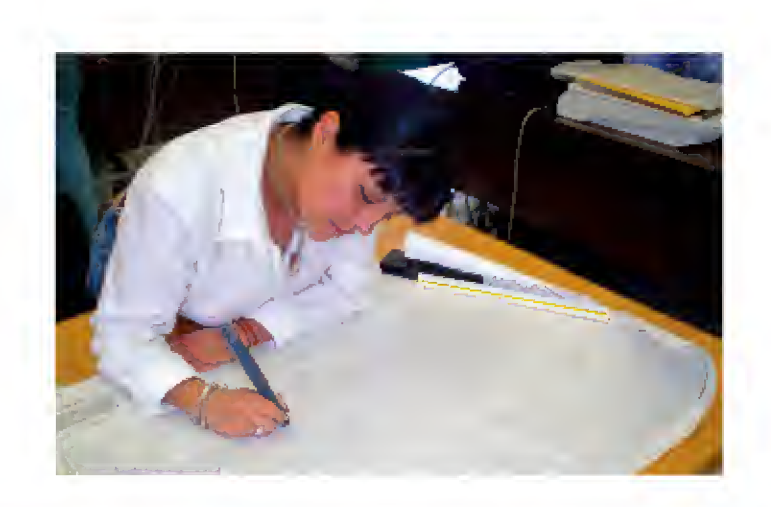


GEORREFERENCIACIÓN
DE LAS
LOCALIDADES
DE COLECTAS
BIOLÓGICAS
PÁG. 8



NÚM. 54 MAYO DE 2004

BioDIVERSITAS

BOLETÍN BIMESTRAL DE LA COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



INFORMACIÓN SOBRE LA BIODIVERSIDAD DE MÉXICO EN EL EXTRANJERO

DESDE HACE VARIOS SIGLOS, la enorme biodiversidad de México ha motivado el interés de naturalistas, biólogos e investigadores nacionales y de diversos países por conocer su flora y su fauna.

Las colecciones científicas son el acervo histórico en donde se encuentra contenida la información básica del conocimiento de las especies, es decir, son la prueba de la presencia de un individuo de una especie, en un tiempo y lugar determinados. La conformación de estas colecciones ha implicado siglos de esfuerzo de miles de científicos en todo el mundo, y constituyen la principal fuente para compilar y sintetizar información básica sobre la biodiversidad.

Patricia Koleff, Cecilia Fernández,
Juan Manuel Martínez y Elizabeth Moreno*

INFORMACIÓN SOBRE LA BIODIVERSIDAD DE MÉXICO EN EL EXTRANJERO

Es importante considerar, además, que muchos de los especímenes que conforman las colecciones fueron colectados antes de las grandes modificaciones en el paisaje que caracterizan el desarrollo moderno, por lo que son un registro irremplazable para documentar la presencia de una especie en un tiempo y lugar, y a la vez representan una prueba tangible que sirve tanto para validar la investigación pasada como para ponerlos a disposición de investigaciones futuras. En este sentido, los datos de los especímenes son una invaluable fuente de información para, por ejemplo, estudios sobre diversidad y distribución de especies, documentar extinciones, establecer prioridades para la conservación y predecir posibles rutas de introducción de especies invasoras.

Entre las exploraciones científicas realizadas en México durante la Colonia podemos citar la del protomédico del rey Felipe II, Francisco Hernández (1570-1577), y la Real Expedición Botánica a Nueva España de Martín Sessé y colaboradores, llevada a cabo entre 1787 y 1803, a la cual se unió el botánico mexicano José Mariano Mociño en 1790. Los especímenes colectados en esta última se encuentran en el herbario del Real Jardín Botánico de Madrid y forman parte del Patrimonio Histórico español. A continuación, sobresale la obra fitogeográfica del naturalista alemán Alexander von Humboldt, quien junto con el botánico francés Aimé Bonpland recorrió México entre 1803 y 1804. Ya en el México independiente, destacan las expediciones, desde México (exceptuando la Baja California) hasta Panamá, de los naturalistas ingleses Osbert Salvin y Frederick DuCane Godman entre 1857 y 1889, que dieron lugar a la publicación, en 67 volúmenes, de la notable *Biologia Centrali-Americana*, y la Misión Científica francesa a México y América Latina a fines de la década de 1860, cuyos resultados se publicaron bajo la dirección de Milne Edwards.

Los especímenes colectados por los primeros naturalistas fueron conformando poco a poco las colecciones científicas en diversos países, aunque es en el siglo XX cuando se registra un incremento significativo en el número de ejemplares, de manera que para principios de los años 90 se estimaba que, de las 1.8 millones de especies de seres vivos conocidas, existían alrededor de 3 000 millones de especímenes en las colecciones de museos, herbarios e instituciones de investigación de todo el mundo.

En México, las primeras colecciones científicas comenzaron a reunirse a finales del siglo XVIII; no obstante, el primer herbario institucional se fundó a mediados del siglo XIX. Entre los botánicos mexicanos más brillantes de finales del siglo XIX está José Narciso Rovirosa. Las colectas de sus extensas exploraciones en el sureste del país (particularmente helechos de Tabasco) se encuentran conservadas en el herbario de Kew y en otros norteamericanos. Como muchos naturalistas de su época, Rovirosa, además de publicar sobre temas botánicos, fue autor de numerosos trabajos que versan también sobre temas zoológicos. Sin embargo, como en el resto del mundo, no fue sino hasta el siglo pasado cuando el número de ejemplares depositados en colecciones se incrementó de manera considerable. El inventario y diagnóstico de las colecciones en México realizado por la Conabio en 1995 da cuenta de la existencia de 10 000 000 de especímenes en herbarios y museos de más de 70 instituciones de México.

Por otra parte, se estima que hay alrededor de cien millones de especímenes mexicanos albergados en colecciones del extranjero, es decir que existen fuera del país al menos 10 veces más especímenes que en los museos y herbarios nacionales. Aun así, estos datos enriquecen la información sobre la diversidad de México. Desde su fundación en 1992, la Conabio comprendió la importancia de incorporar al Sistema Nacional de Información sobre Bio-

Cuadro 1. Datos con georreferencia integrados al SNIB

	Datos de colecciones nacionales	Datos repatriados	Total
Plantas vasculares	677 840 **(72%)**	261 132 **(28%)**	938 972
Mamíferos	74 215 **(53%)**	65 728 **(47%)**	139 943
Aves	103 295 **(30%)**	237 675 **(70%)**	340 970
Reptiles y anfibios	27 838 **(26%)**	79 230 **(74%)**	107 068
Peces*	55 454 **(93%)**	4 359 **(7%)**	59 813
Otros grupos	815 757 **(91%)**	79 120 **(9%)**	894 877
Total	1 754 399	727 244	2 481 643

*Registros, *i.e.* lotes de uno o más individuos



Sitios de colecta de plantas vasculares registrados en el SNIB

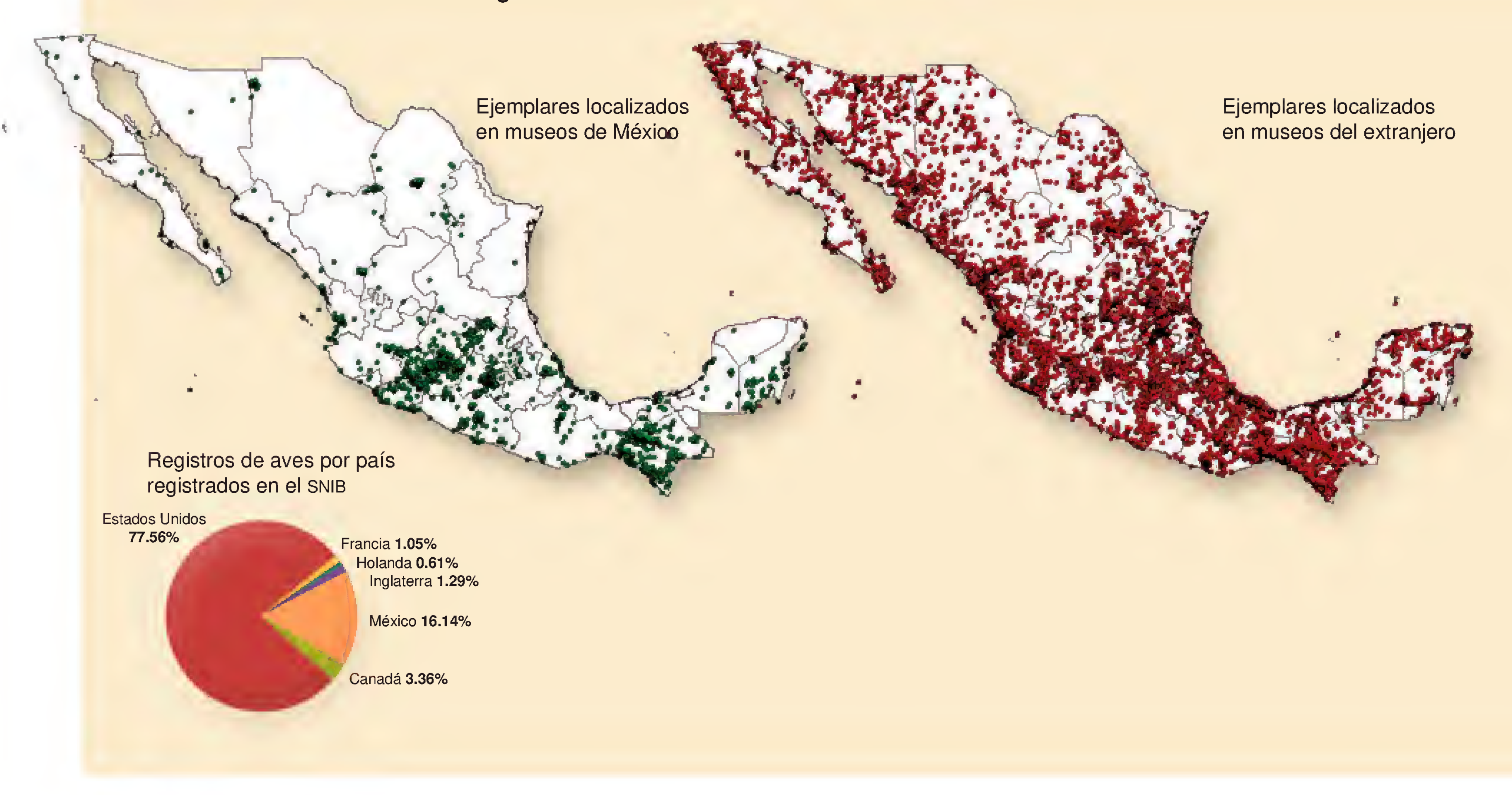
Ejemplares localizados en herbarios de México

Ejemplares localizados en herbarios del extranjero

Ejemplares localizados en herbarios del extranjero y repatriados por medio de imágenes

diversidad (SNIB) los datos de los especímenes mexicanos que se encuentran en colecciones del extranjero; esta labor se está cumpliendo gracias a la participación de expertos mexicanos y extranjeros que han trabajado en ello desde diferentes esquemas. A la fecha se han incorporado a nuestras bases de datos más de 1 500 000 registros de ejemplares de diversos grupos de organismos. Estos datos, que denominamos "repatriados", provienen de algunas de las colecciones más importantes para nuestro país por la calidad y cantidad de especímenes mexicanos que allí se encuentran.

Bases de datos a cargo de expertos
La Conabio ha financiado alrededor de 100 proyectos que incluyen los datos de más de un millón de especímenes depositados en numerosas colecciones científicas del extranjero, datos que se han incorporado al SNIB. De éstos, poco más de 700 000 cuentan con información georreferenciada (cuadro 1). Hoy día, tenemos datos de herbarios del extranjero con especímenes mexicanos provenientes de 26 países, aunque cabe señalar que la gran mayoría (99%) provienen de herbarios de Estados Unidos. Entre las instituciones más sobresalientes que han colaborado específicamente a la repatriación de datos, podemos mencionar a la Universidad de Texas, en Austin (TEX, LL), que hi-



Cuadro 2. Instituciones que han enviado bases de datos a la Conabio

Siglas	Institución	Grupo taxonómico	Número de registros	Registros originalmente georreferidos	Registros georreferidos en Conabio
NY	Herbario Jardín Botánico de Nueva York	plantas (tipos)	6 543	186	4 799
GCRL	Universidad del Sur de Misisipi	peces	1 642	867	-
CAS	Herbario de la Academia de Ciencias de California	plantas vasculares (cactáceas)	227	55	172
SD	Herbario del Museo de Historia Natural de San Diego	plantas vasculares (cactáceas)	959	555	404
MIN	Universidad de Minnesota, Museo de Historia Natural F. Bell	plantas vasculares	106	-	-
MVZ	Universidad de Minnesota, Museo de Historia Natural F. Bell	mamíferos, aves, anfibios y reptiles	70 608 +292 imágenes digitales de pieles	793	22 587
NEODAT II	Base de datos interinstitucional de peces del neotrópico	peces	27 105 (31 301)	17 077	-
MA	Herbario Sessé y Mociño, Real Jardín Botánico de Madrid, CSIC	plantas vasculares	14 334	0	0
ARIZ	Herbario de la Universidad de Arizona	plantas vasculares	12 334	6 070	5 421
UA	Universidad de Arizona, Tucson	mamíferos, aves, anfibios, reptiles y peces	104 092 + imágenes representativas	61 623	-
USDA	Herbario Nacional de los Estados Unidos, Institución Smithsoniana	plantas vasculares	54 882 +11,000 imágenes de tipos	1 129	-
MOBOT	Herbario del Jardín Botánico de Misuri	briofitas, pteridofitas y plantas vasculares	63 162	10 718	-

Sitios de colecta de mamíferos terrestres registrados en el SNIB

Ejemplares localizados en museos de México

Ejemplares localizados en museos del extranjero

Registros de mamíferos terrestres por país registrados en el SNIB

Estados Unidos **55.17%**
México **44.39%**
Canadá **0.43%**
Inglaterra **0.01%**

zo posible la incorporación de cerca de 200 000 registros. Durante el proceso de repatriación de datos de este herbario, la Conabio recibió también más de 16 000 imágenes digitales de los especímenes. El trabajo de captura de muchos de estos especímenes, así como la georreferencia de localidades de colecta se realizó en la propia Conabio.

De los datos repatriados e incorporados al SNIB, la mayor cantidad son de vertebrados (73.5%).

En el caso de los mamíferos, de los más de 175 000 registros integrados en el sistema de información de la Conabio, 57% son datos repatriados como resultado de 32 proyectos. De hecho, la colección con mayor número de registros es la del Museo de Historia Natural de la Universidad de Kansas (61 156), seguida por las colecciones mastozoológicas de la UAM-Iztapalapa (55 237), el Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias (39 075) y el Instituto de Biología de la UNAM (30 076).

En cuanto a las aves, el total de registros con que cuenta la Conabio es de aproximadamente 373 000. En el caso de este grupo sólo alrededor de 15% de los datos proviene de colecciones mexicanas, mientras que más de 70% proviene de museos de Estados Unidos, y el resto de colecciones de Inglaterra, Canadá, Francia y Holanda.

De la herpetofauna mexicana la Conabio cuenta con más de 90 000 registros de reptiles y 40 000 de anfibios; en ambos casos, 67% de los registros son de colecciones del extranjero. En otros grupos aún hace falta dedicar mayores esfuerzos para repatriar información; por ejemplo, del grupo de los peces, los datos que provienen de colecciones del extranjero suman 6.7%, y en el caso de los registros de colecciones entomológicas y otros invertebrados, en conjunto suman tan sólo 2.1%.

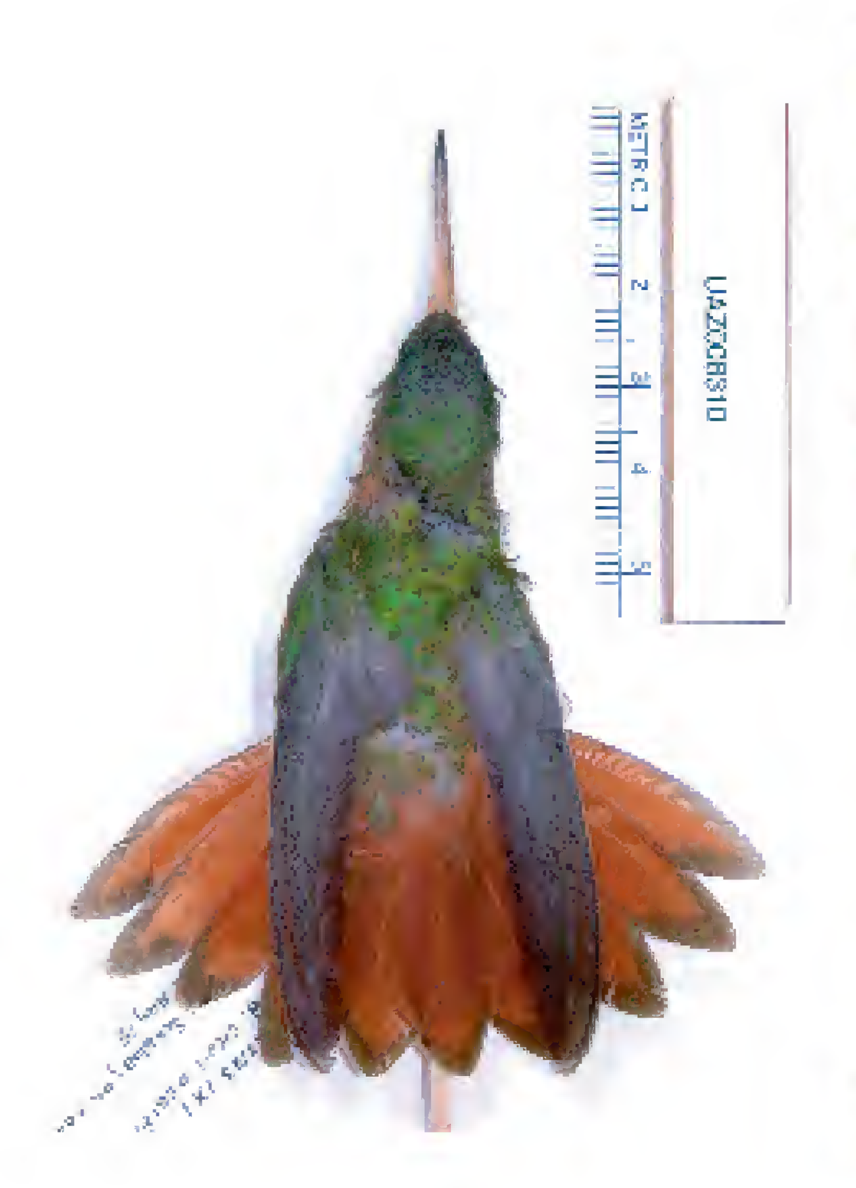
Bases de datos disponibles

Desde finales de 1998, los esfuerzos por computarizar las colecciones en todo el mundo se intensificaron enormemente; gracias a esto la Conabio también ha podido incrementar el proceso de repatriación de información mediante la recopilación de bases de datos asociados a los especímenes mexicanos depositados en varias colecciones. La mayoría de estas colecciones son de Estados Unidos, y se encuentran disponibles en las páginas web de varios museos y herbarios.

Por otro lado, se han establecido acuerdos con investigadores de diversas instituciones, que si bien no tienen sus bases de datos en internet, han enviado los datos de ejemplares



Ejemplar de *Momotus mexicanus* de la Colección de la Universidad de Arizona.
Foto: Peter Reintall







Izquierda: ejemplar de *Amazilia rutila* de la Colección de la Universidad de Arizona.
Foto: Peter Reintall

Arriba: consulta con el especialista en compuestas John Reeders, en el Herbario de Arizona, EUA.
Foto: Juan Manuel Martínez

Abajo: trabajo de repatriación de datos en el Herbario de Kew, Inglaterra.
Foto: Gerardo Rodríguez

mexicanos en formato electrónico. En algunos casos se han celebrado acuerdos de intercambio con la institución; éste es el caso, por ejemplo, de la colección de vertebrados de la Universidad de Arizona, que además de haber proporcionado una copia de los datos de especímenes mexicanos, nos facilitó imágenes representativas por especies y regiones, mientras la Conabio realiza la georreferencia de localidades. Una vez que se termine el proceso, los datos geográficos se enviarán a la colección de origen para ser integrados a su base de datos y puestos a disposición de los usuarios.

En el caso del Herbario Nacional de la Institución Smithsoniana de Estados Unidos, la Conabio realizará la georreferencia de las colectas y ha provisto fondos parciales para obtener imágenes de todos los tipos de plantas vasculares de México, los cuales suman la mitad de las especies registradas a la fecha para México.

Asignar coordenadas geográficas a colecciones históricas no es una tarea trivial y debe tomarse con reserva, aun cuando se cuente con datos suficientes que describen con detalle la localidad donde se colectaron. Los casos en los que esos datos son incompletos, como los de los ejemplares de una colección histórica tan importante como la del Herbario de Madrid, que contiene numerosos tipos de plantas mexicanas (referidos a veces sólo al país), requiere una investigación que utilice libretas de campo de las rutas de expedición para proponer una hipótesis de los sitios de colecta, trabajo que realizan expertos de dicha colección. Con esta modalidad se han obtenido datos de alrededor de 300 000 especímenes mexicanos de diversas colecciones (cuadro 2).

Obtención de imágenes digitales de especímenes y sistematización de datos

Otro mecanismo para recabar información sobre los ejemplares depositados en las colecciones del extranjero es la obtención de imágenes digitales de especímenes para después capturar la información en una base de datos. A la fecha se ha colaborado con tres herbarios, para que un equipo de analistas visite la institución y obtenga imágenes digitales de los especímenes; los datos son procesados posteriormente en la Conabio (cuadro 3).

El promedio de imágenes obtenidas al día por dos personas en una jornada de trabajo varió de 200 a 500, lo que ha dejado gratamente sorprendidos a los curadores de los herbarios visitados, por la dedicación y profesionalismo con que se ha realizado el trabajo.

Evidentemente el esfuerzo que se hace en una colección del extranjero tiene su contraparte en la Conabio, ya en México otro equipo de trabajo recibe las imágenes y con la misma eficacia documenta lo recibido, renombra las imágenes y hace el respaldo.

Los datos de las etiquetas se capturan en el sistema de información "Biótica" desarrollado por la Conabio, a una velocidad aproximada de 50 especímenes diarios por persona y se verifica que efectivamente la

Cuadro 3. Herbarios de los que personal mexicano ha obtenido imágenes digitales de los especímenes

Herbario	Fecha de obtención de imágenes digitales	Principales grupos taxonómicos	Número de imágenes	Ejemplares tipo	Total de ejemplares
NY	12/03/00 - 08/05/00	Asteraceae	35 612	154	29 904
	08/10/00 - 07/12/00	Asteraceae y Pteridophyta			
	03/11/01 - 08/12/01	Leguminosae			
	10/06/02- 03/08/02	Briophyta			
K	24/01/01 - 23/04/01	Cactaceae, Solanaceae, Acanthaceae, Burseraceae, Anacardiaceae, Fouquieriaceae, Zamiaceae	6 663	690	4 517
ARIZ	13/08/02 - 12/10/02				
	19/05/03 - 20/06/03	Tipos (todas las familias y países), Agavaceae, Asclepiadaceae, Asteraceae, Burseraceae, Euphorbiaceae, Fabaceae (+~30 familias)	44 272	808 - Mex 1 779 - Total	42 146
		Total	**86 547**	**1 652 Mex** **2 623 Total**	**76 567**

K: Herbario de Kew.

información de la base de datos corresponda a la de la etiqueta del espécimen, considerando los datos adicionales recopilados en la colección. Los datos de las localidades son interpretados en coordenadas geográficas con la metodología que ha desarrollado la Conabio. Existen muchos casos en los que este trabajo requiere gran dedicación debido a que es necesario hacer una revisión bibliográfica y consultar las libretas de campo. El trabajo de georreferenciación hizo posible asignar coordenadas geográficas a 85% de los ejemplares del Herbario de Kew, aun cuando las fechas de recolección varían de 1812 a 1999.

Una vez que la base de datos ha pasado por el proceso de control de calidad y no se detectan inconsistencias, es enviada a la institución de origen de los ejemplares, en donde los expertos que la revisan pueden corregir o adicionar datos. Las colecciones que participan en el proceso de repatriación tienen así la ventaja de contar con una base de datos que les permite optimizar el manejo de su información y hacer uso de ella para generar consultas, mapas y diversos análisis. La base de datos es después accesible al público en general por medio de la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB), la cual actualmente alberga 75 colecciones científicas del mundo conectadas en línea y cuya información es de más de 7 000 000 de especímenes de más de 190 países.

Si bien es cierto que la taxonomía y nomenclatura son disciplinas dinámicas y los ejemplares son sujetos de nuevas observaciones y concepciones de un taxón desde diferentes perspectivas, las más de 100 000 imágenes de ejemplares botánicos que actualmente tiene la Conabio, conforman un "herbario virtual" que pronto será accesible en línea, y que ofrece numerosas ventajas. El Herbario de la Institución Smithsoniana, uno de los más grandes en el mundo, que recibe miles de solicitudes de préstamo, ha proporcionado, en lugar de los ejemplares, una imagen con las características que hemos descrito. Evidentemente esto reduce costos y el riesgo de pérdida y deterioro del material.

Contar con los datos que sobre las especies mexicanas se encuentran en las colecciones del extranjero ha incrementado la capacidad de los investigadores, tanto para avanzar en el conocimiento de nuestra biodiversidad como para brindar asesorías en diversos problemas en los que la biodiversidad se ve amenazada.

La repatriación de datos ha enriquecido el acervo de información de la biota mexicana. Sin duda, entre los principales elementos del éxito en este proceso podemos citar la asesoría y participación de taxónomos expertos y la calidad de las colecciones que se han unido al esfuerzo de compilar y documentar la biodiversidad de México.

* Dirección Técnica de Análisis y Prioridades, Conabio. La síntesis aquí presentada es nuestra responsabilidad, pero sus contenidos son producto de la colaboración de investigadores e instituciones así como del personal de la Conabio que ha participado en diferentes etapas.

ENRIQUE MUÑOZ LÓPEZ, JUAN CARLOS HERNÁNDEZ BARRIOS
Y JAVIER COLÍN LÓPEZ*

GEORREFERENCIACIÓN DE LAS LOCALIDADES DE COLECTAS BIOLÓGICAS

LOS AVANCES en el conocimiento de la biodiversidad y la posibilidad de utilizar este conocimiento dependen en gran medida de nuestra capacidad para acceder a la información generada por los especialistas. Cuanto mayor y más precisa sea la información con que contemos, mayor será nuestra capacidad para enfrentar diversos problemas como pueden ser, por ejemplo, la determinación de áreas vulnerables al ataque de ciertas plagas, el monitoreo de especies dañinas para cultivos de importancia alimentaria y económica, el análisis de la distribución de especies transmisoras de enfermedades, el establecimiento de estrategias para su control o el análisis de riesgo en la introducción de organismos transgénicos, entre otros.

El Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) es una base de información que contiene datos taxónomicos y geográficos asociados a los especímenes mexicanos que se encuentran depositados en colecciones nacionales y del extranjero. Estos datos sirven de base para relacionar y organizar información ecológica, genética, de uso, legal y de otros tipos, y con la cual es posible analizar diferentes aspectos de la biodiversidad en varias escalas y con diferentes enfoques. Mediante el uso de otras herramientas como los sistemas de información geográfica (SIG), es factible, además, representar y analizar dicha información en espacio y tiempo.

Para la conformación del SNIB es fundamental que la información aportada por los especialistas se integre en bases de datos. Estos datos provienen principalmente de colecciones científicas y, en menor proporción (incrementándose gradualmente), de proyectos ecológicos y de uso. Las bases de datos del SNIB tienen información de más de 8 millones de especímenes correspondientes a alrededor de 4 millones de registros curatoriales (registros en el SNIB que provienen de un proceso de depuración taxonómica y geográfica y que son únicos), de los cuales poco más de 3 millones están asociados a localidades georreferidas, es decir que alrededor de 5 millones de registros no cuentan con información para ser representados espacialmente. Estos datos, por sí mismos, implican un reto para su acopio, análisis y sobre todo para la tarea de asignar un elemento de atribución espacial, como son las coordenadas geográficas. Varios han sido los esfuerzos por ir creando un método que permita asignar una coordenada geográfica a los registros que carezcan de ellas. En septiembre de 2002 comenzó a operar en la Conabio un equipo de trabajo con la tarea primordial de asignar estas referencias a las localidades de los datos taxonómicos depositados en las colecciones científicas; a este proceso lo denominamos georreferenciación.

El método que actualmente se utiliza en la Conabio para georreferenciar es el desarrollado por Wieczorek (2001), para el proyecto Mammal Networked Information Systems (MaNIS) de la Universidad de Berkeley; esta técnica de georreferenciación es denominada Método de punto-radio. Este método se ha conformado con el material cartográfico disponible, con las características de las bases de datos que contienen las localidades y con los criterios de los técnicos al asignar la referencia geográfica, entre otros elementos.

Descripción de las localidades

Una localidad es el sitio en donde se colectó u observó un organismo. Es de suponer que en los miles de registros que se procesan, la forma y la precisión con que son descritas las localidades varía enormemente. Una descripción puede presentar datos muy ambiguos, desde el nombre de una población hasta la forma en que se registran las coordenadas. A partir de esta variedad de formas en las descripciones se obtienen una serie de elementos de análisis geográfico que son utilizados para ubicar estos sitios con cierta precisión; la precisión de las coordenadas obtenidas dependerá, a su vez, de las



La descripción de una localidad debe contener el mayor número de elementos geográficos que nos permita localizar con la mayor precisión posible un sitio de colecta.

características de la propia descripción. Algunos ejemplos de las diferentes descripciones que encontramos se muestran en el cuadro 1.

Una vez identificados los elementos de las descripciones, éstos se interpretan como criterios cartográficos que servirán para asignar una coordenada geográfica (cuadro 2).

Con los elementos de la descripción se puede realizar la asignación de coordenadas o georreferenciar la localidad, para lo cual basta poseer cartas geográficas impresas o un sistema de información geográfica y cartografía digital adecuada.

Georreferenciación

Como ya se explicó, la georreferenciación de localidades consiste en la asignación de coordenadas geográficas a la descripción textual de un sitio.

De forma general, podemos mencionar que existen cuatro métodos básicos para georreferenciar localidades:

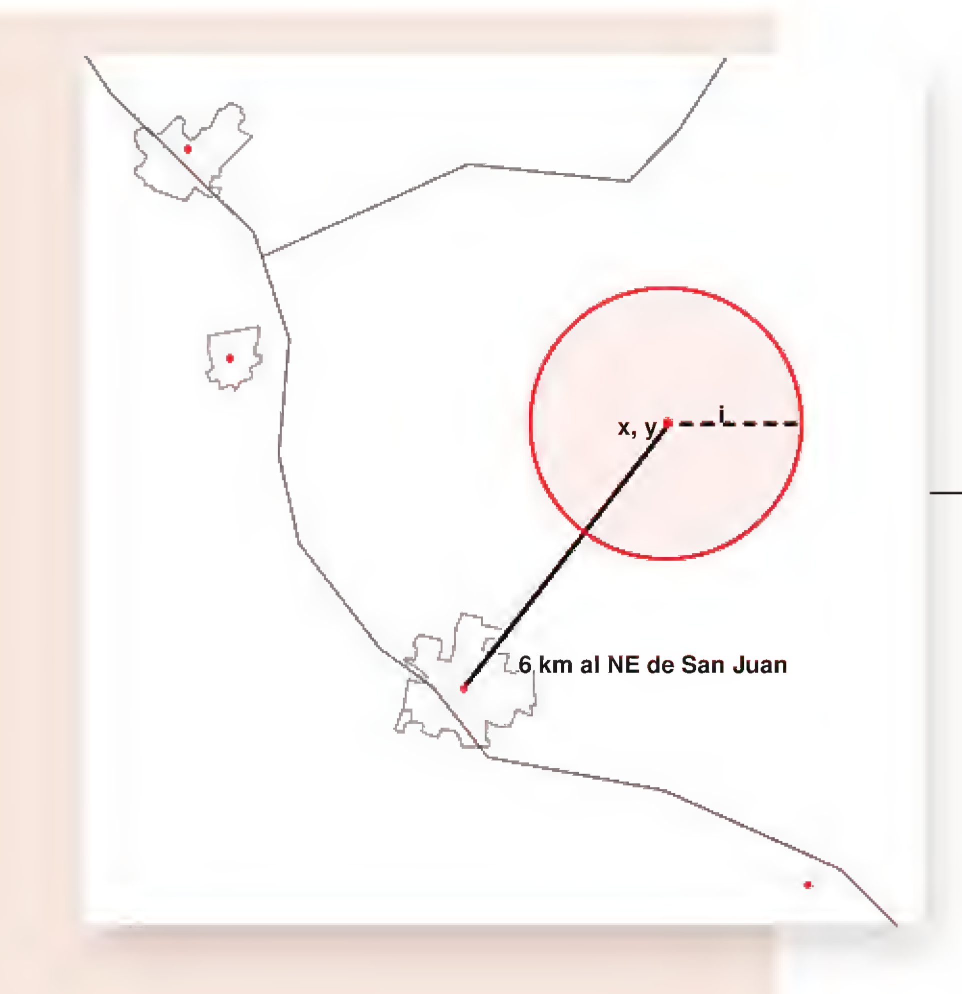
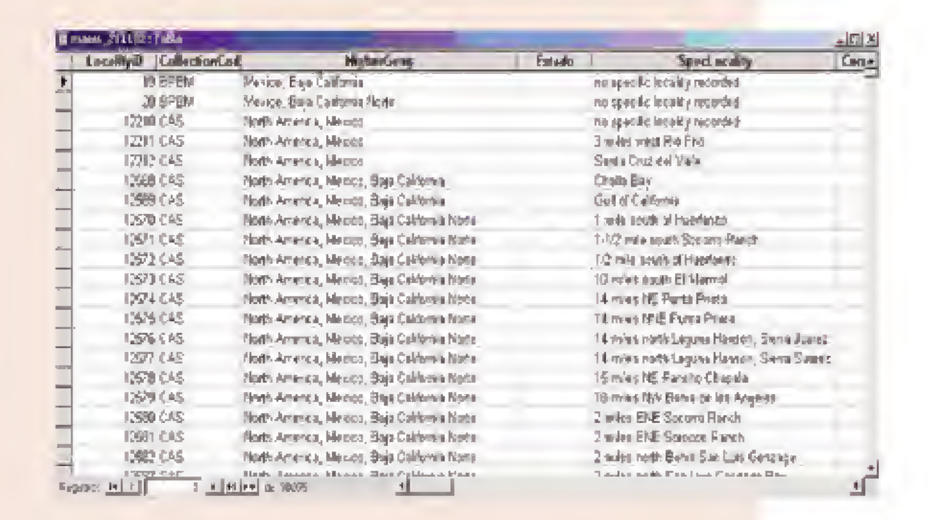


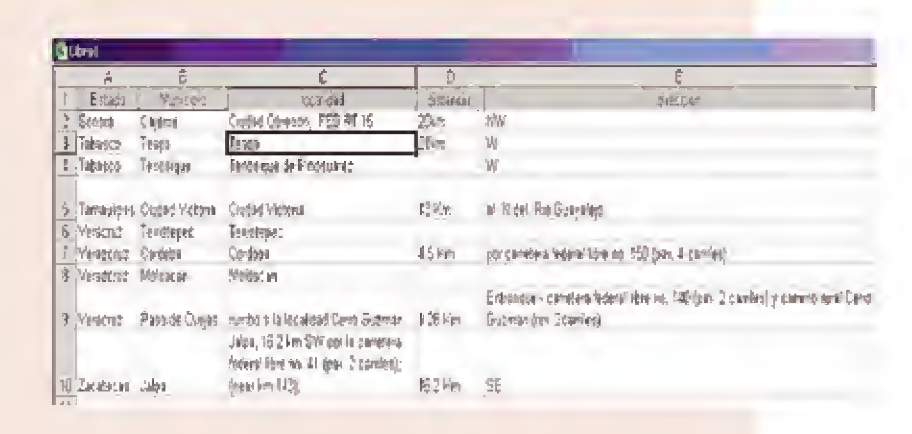
Figura 1. Método de punto-radio. A partir de la descripción de una localidad se obtiene un par de coordenadas (*x, y*) asociadas a una medida de longitud que representa su incertidumbre (i); esta distancia define el radio del área más probable en donde se encontraría el sitio de colecta original. La magnitud de la incertidumbre depende directamente del nivel de precisión con que es descrito un sitio, y está determinado por seis variables.

a] Extensión de la localidad de referencia
b] Carencia de datum
c] Imprecisión de la medición de la distancia
d] Imprecisión de las coordenadas
e] Escala del mapa
f] Imprecisión de la dirección



LocalityID	CollectionCod	HigherGeog	Estado	SpecLocality
19	SPBM	Mexico, Baja California		no specific locality recorded
20	SPBM	Mexico, Baja California Norte		no specific locality recorded
12200	CAS	North America, Mexico		no specific locality recorded
12201	CAS	North America, Mexico		3 miles west Rio Frio
12202	CAS	North America, Mexico		Santa Cruz del Valle
12568	CAS	North America, Mexico, Baja California		Cholla Bay
12569	CAS	North America, Mexico, Baja California		Gulf of California
12570	CAS	North America, Mexico, Baja California Norte		1 mile south of [illegible]
12571	CAS	North America, Mexico, Baja California Norte		1-1/2 mile south Socorro Ranch
12572	CAS	North America, Mexico, Baja California Norte		1/2 mile south of [illegible]
12573	CAS	North America, Mexico, Baja California Norte		10 miles south El Marmol
12574	CAS	North America, Mexico, Baja California Norte		14 miles NE Punta Prieta
12575	CAS	North America, Mexico, Baja California Norte		18 miles NNE Punta Prieta
12576	CAS	North America, Mexico, Baja California Norte		14 miles north Laguna Hanson, Sierra Juarez
12577	CAS	North America, Mexico, Baja California Norte		14 miles north Laguna Hanson, Sierra Juarez
12578	CAS	North America, Mexico, Baja California Norte		15 miles NE Rancho Chapala
12579	CAS	North America, Mexico, Baja California Norte		18 miles NW Bahia de los Angeles
12580	CAS	North America, Mexico, Baja California Norte		2 miles ENE Socorro Ranch
12581	CAS	North America, Mexico, Baja California Norte		2 miles ENE Socorro Ranch
12582	CAS	North America, Mexico, Baja California Norte		2 miles north Bahia San Luis Gonzaga

Figura 2. Los registros de las tablas que no posean información acerca de la descripción del sitio de colecta se deben eliminar, así como aquellos registros que ya posean coordenadas. Sin embargo, estos últimos pueden analizarse para validar las coordenadas y evaluar su precisión y, en su caso, corregir su posición, además de agregarle el valor de incertidumbre.



	A	B	C	D	E
1	Estado	Municipio	Localidad	Distancia	Dirección
2	Sonora	Cajeme	Ciudad Obregon, FED Rt 15	20km	NW
3	Tabasco	Teapa	Teapa	25km	W
4	Tabasco	Tenosique	Tenosique de Pino Suarez		W
5	Tamaulipas	Ciudad Victoria	Ciudad Victoria	12 Km	al N del Rio Guayalejo
6	Veracruz	[illegible]	[illegible]		
7	Veracruz	Cordoba	Cordoba	4.5 km	por carretera federal libre no. 150 (pav. 4 carriles)
8	Veracruz	[illegible]	[illegible]		
9	Veracruz	Paso de Ovejas	rumbo a la localidad Cerro Guzman	1.26 Km	Entronque - carretera federal libre no. [illegible] (pav. 2 carriles) y camino rural Cerro Guzman (rev. 2 carriles)
10	Zacatecas	Jalpa	Jalpa, 16.2 km SW por la carretera federal libre no. 41 (pav. 2 carriles); (near km 143)	16.2 Km	SE

Figura 3. Al ordenar este campo en todos los registros de la tabla pueden ser identificados los falsos duplicados que permanecían ocultos debido a cuestiones de sintaxis. De esta manera, al realizar una segunda agrupación, podemos eliminar la totalidad de los registros duplicados.
El proceso de depuración concluye con la organización de la tabla de trabajo, la cual contiene registros únicos y a la que deben agregarse los nuevos campos que se utilizarán para el proceso de georreferenciación.

Localidad	Corr_Localidad
0.25 mi E state boundary, 8 mi SW Calvillo	Calvillo, 0.25 mi E state boundary, 8 mi SW
0.25 mi E state boundary, 9 mi SW Calvillo	Calvillo, 0.25 mi E state boundary, 9 mi SW
0.33 mi S and 1.25 E RINCON de Romos	Rincon de Romos, 0.33 mi S and 1.25 mi E
0.33 mi S and 1.25 mi E Rincon de Ramos	Rincon de Romos, 0.33 mi S and 1.25 mi E
0.33 mi S and 1.25 mi E Rincon de Romos	Rincon de Romos, 0.33 mi S and 1.25 mi E
0.33 mi S and 1.25 mi Rincon de Romos	Rincon de Romos, 0.33 mi S and 1.25 mi E
0.33 mi S, 1.25 mi E Rincon de Romos	Rincon de Romos, 0.33 mi S and 1.25 mi E
0.33 mi W and 1.25 mi E Rincon de Romos	Rincón de Romos, 0.33 mi S and 1.25 mi E
0.5 mi N Presa Calle	Presa Calle, 0.5 mi N
0.5 mi S LA LABOR	La Labor, 0.5 mi S
0.5 mi S Lalabor	La Labor, 0.5 mi S
Sierra Fria, 3.5 mi N Cerro del Maiz	Cerro del Maiz, 3.5 mi N Sierra Fria
3 1/2 mi N Cerro del Maiz	Cerro del Maiz, 3.5 mi N Sierra Fria
3.5 mi N Cerro del Maiz, Sierra Fria	Cerro del Maiz, 3.5 mi N Sierra Fria
Sierra Fria, 3.5 mi Norte Cerro del Maiz	Cerro del Maiz, 3.5 mi N Sierra Fria
Sierra Fria, 3.5 mi N del Cerro del Mais	Cerro del Maiz, 3.5 mi N Sierra Fria

a] asignar un punto *x, y*;
b] crear una poligonal que abarque el área descrita;
c] asignar un rectángulo o cuadrado con coordenadas extremas;
d] obtener un punto *x, y* asociado a una distancia que determine la incertidumbre de esas coordenadas (punto-radio).

Un punto *x, y* por sí solo no puede representar una localidad por ser un elemento adimensional, es decir, no puede reflejar la extensión (y por lo tanto la precisión) de la descripción de un sitio. Una poligonal es un elemento muy preciso para delimitar una localidad pero tiene el inconveniente de que su manejo, en bases de datos y en aplicaciones científicas, es mucho más complicado que un simple par de coordenadas. Por otra parte, el rectángulo de coordenadas es un método común para delimitar áreas; sin embargo, es más impreciso que una poligonal y requiere calcular la incertidumbre de las coordenadas en dos dimensiones.

El método de punto-radio tiene ventajas importantes que lo hacen un medio muy eficaz para describir un sitio de colecta y aportar un parámetro de su incertidumbre que pueda ser utilizado en estudios científicos. Este método consiste en



Para ubicar sitios usando mapas impresos se requiere, principalmente, una carta topográfica; a este proceso se le llama comúnmente georreferenciar.



Para georreferenciar con un SIG es preciso tener una serie de mapas digitales y gaceteros con la mayor cantidad de elementos geográficos que permitan precisar una coordenada; por ejemplo, la división política del país, las poblaciones de dicha área geográfica, topografía, toponimia, hidrología, carreteras, caminos rurales y cualquier información de apoyo que pueda consultarse.

asignar un par de coordenadas a la descripción de un sitio, calculando su nivel de precisión de acuerdo con las características propias de la forma en que se realizó dicha descripción. El rango de precisión está determinado por un radio que parte del punto de coordenadas obtenidas; este radio posee una longitud derivada directamente de los elementos que generan incertidumbre en la descripción (véase la figura 1).

En este método se deben considerar, además de los elementos de apreciación del colector y medidas obtenidas con algún instrumento, las variables cartográficas que generan incertidumbre, como son: la extensión de la localidad de referencia; si se posee el *datum*[1] del mapa utilizado para localizar un sitio; la imprecisión de la medición de la distancia; la imprecisión de las coordenadas; la escala del mapa, la imprecisión de la determinación de la dirección. Todos estos elementos se tratan y cuantifican de manera individual, para después sumar sus valores y obtener un valor único de incertidumbre.

Este método se adaptó en la Conabio y se definió un procedimiento específico para realizar la georreferenciación integrado básicamente por tres etapas: a] la organización y depuración de la información original; b] la asignación de coordenadas e incertidumbre, y c] la validación e integración al inventario biológico.

Organización y depuración de las bases de datos

La depuración consiste básicamente en la agrupación de los registros duplicados, los cuales se pueden clasificar como registros redundantes y falsos duplicados, es decir, registros que presentan diferente sintaxis pero que se refieren al mismo sitio. También se eliminan descripciones que no poseen elementos suficientes para ser considerados como candidatos a georreferenciarse. Un proceso de depuración exhaustivo permite reducir el volumen de las bases de datos para un manejo adecuado.

Las bases de datos presentan formatos muy variados, por lo que la información referente a las descripciones de los sitios de colecta debe ser identificada y seleccionada para crear una tabla exclusivamente para la asignación de coordenadas. Los campos de esta tabla contienen la información de localidad de origen, distancia y dirección con que es referido un sitio, el país al que pertenece, estado, municipio y cualquier otro tipo de información que ayude a ubicarlos, como podría ser la altitud, el tipo de vegetación del lugar, etc. (figuras 2 y 3).

Asignación de coordenadas e incertidumbre

El grado de precisión que se le puede definir a un par de coordenadas está determinado tanto por la propia descripción como por la cartografía y los gaceteros (denominaciones oficiales de las localidades con sus referencias geográficas de latitud y longitud) que sean utilizados para ubicarlas. La Conabio posee un volumen muy importante de ambos elementos, pues cuenta con un catálogo amplio de gaceteros de ciudades y poblaciones, toponimia, puentes, cuerpos de agua, orografía, etc., así como una amplia variedad de mapas temáticos en diferentes escalas que cubren toda la extensión del país, en formato impreso y digital.

La asignación de coordenadas se puede realizar de tres formas: 1] con cartografía impresa; 2] utilizando el

1. El datum de un mapa es el punto de referencia desde el cual se han hecho los cálculos para el desarrollo de la cartografía de una zona o de un país; es el punto fundamental del terreno y se determina por observaciones astronómicas; con estos parámetros se puede conocer la posición precisa, mediante coordenadas geodésicas, latitud, longitud y altura ortométrica, de puntos situados en la superficie terrestre.

En el mapa se muestra la expresión gráfica de cada variable cartográfica asociada al proceso de georreferenciación. Las coordenadas obtenidas de una descripción de localidad están representadas en el centro de cada círculo; los radios de cada uno de ellos corresponden a la medida de incertidumbre (en metros) asociada a cada variable, el círculo representa el área más probable en donde se puede ubicar el punto de las coordenadas del sitio de colecta, de acuerdo con el nivel de precisión con que fue realizada la propia descripción.

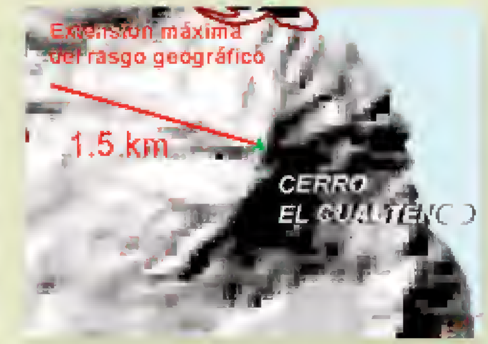
Datum horizontal: Norteamericano de 1927 (NAD27)

Cálculo de incertidumbre

A. Extensión de la localidad de referencia

Cualquier localidad que se tome como referencia (población, río, cuerpo de agua, etc.) tiene una extensión determinada.

Ej. Cerro El Cualtenco
Extensión máxima 1.5 km
Radio de incertidumbre 1.5 km





B. Datum desconocido

Aplicable a la cartografía en la que se desconoce el datum de referencia. Si se conoce el datum, la incertidumbre es de 0 km.

Datum error (km)
0.036
0.063
0.088

C. Imprecisión en la determinación de la distancia

Está definida por el grado de precisión con que se registra una distancia. Se considera la porción fraccional de la distancia y la incertidumbre se define dividiendo 1 entre el denominador.

10.75 km = 10 3/4; se divide 1 entre el denominador.
Incertidumbre 0.25 km

Ej. Radio de incertidumbre

1	Colorines 2 km W	1 km
2	Colorines 4.5 km W	0.5 km
3	Colorines 10.75 km W	0.25 km
4	Colorines 13.9 km W	0.1 km
5	Colorines 20 km W	1 km

D. Imprecisión en la medición de las coordenadas

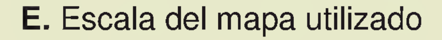
Definida por el nivel de precisión con el que fueron registradas un par de coordenadas.

Ej. Mesa del Zapote

Coordenadas registradas en el nomenclátor de localidades del INEGI:

-100.26667
19.12083

Incertidumbre: 0.00001 km



E. Escala del mapa utilizado

El nivel de precisión de la utilización de un mapa está definido por su escala. El error gráfico que se adiciona a la incertidumbre es el equivalente a 1 m; de acuerdo con la escala de representación, la distancia medida dependerá directamente de la escala.

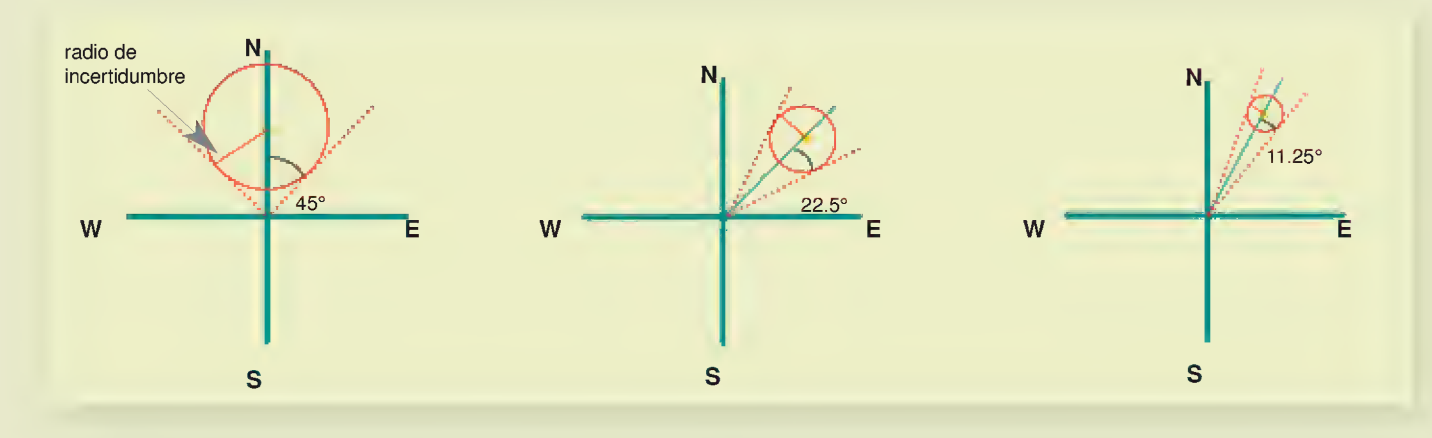
Ej. Zacazonapan, 4 km NW.
Si la distancia se recorre por:

	Incertidumbre
Carretera, escala 1:1	No aplica
Carretera, escala 1:50 000	0.05 km
Carretera, escala 1:250 000	0.25 km
Carretera, escala 1:1 000 000	1 km



F. Imprecisión en la dirección de referencia

Dependiendo de la especificidad de la dirección registrada en la descripción de localidad, es la incertidumbre que se genera.



Ej. 3.5 km al N de Potrero de Tenayac; Cerro los Tres Reyes

Se asocia una incertidumbre de 45° hacia ambos lados de la dirección mencionada.

Ej. 3.5 km al NE de Potrero de Tenayac; Cerro los Tres Reyes

Se asocia una incertidumbre de 22.5° hacia ambos lados de la dirección mencionada.

Ej. 3.5 km al NNE de Potrero de Tenayac; Cerro los Tres Reyes

Se asocia una incertidumbre de 11.25° hacia ambos lados de la dirección mencionada.

Fuentes:
- Comisión Nacional del Agua, (1998). "Inventario de cuerpos de agua y humedales de México". Escala 1:250 000, México.
- Dirección General de Geografía - INEGI, "Modelo Digital de Elevación E14A46 Escala 1:50,000 (Valle de Bravo)", 01/01/1999, Escala 1:50 000, México.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), (2002) "Localidades de la República Mexicana, 2000". Obtenido de Principales Resultados por Localidad. XII Censo de Población y Vivienda 2000.Editado por Conabio. México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Dirección General de Geografía (1999). "Conjunto de Datos Vectoriales de la Carta Topográfica. Escala 1: 50 000". (E14a46), México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Dirección General de Geografía (1999). "Topónimos de las Cartas Topográficas". Escala 1: 50 000, México.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) Disco Compacto, "Sistema de Consulta de Información Censal (SCINCE). Resultados del XI Censo General de Población y Vivienda", 1990, Aguascalientes, Ags.,México.

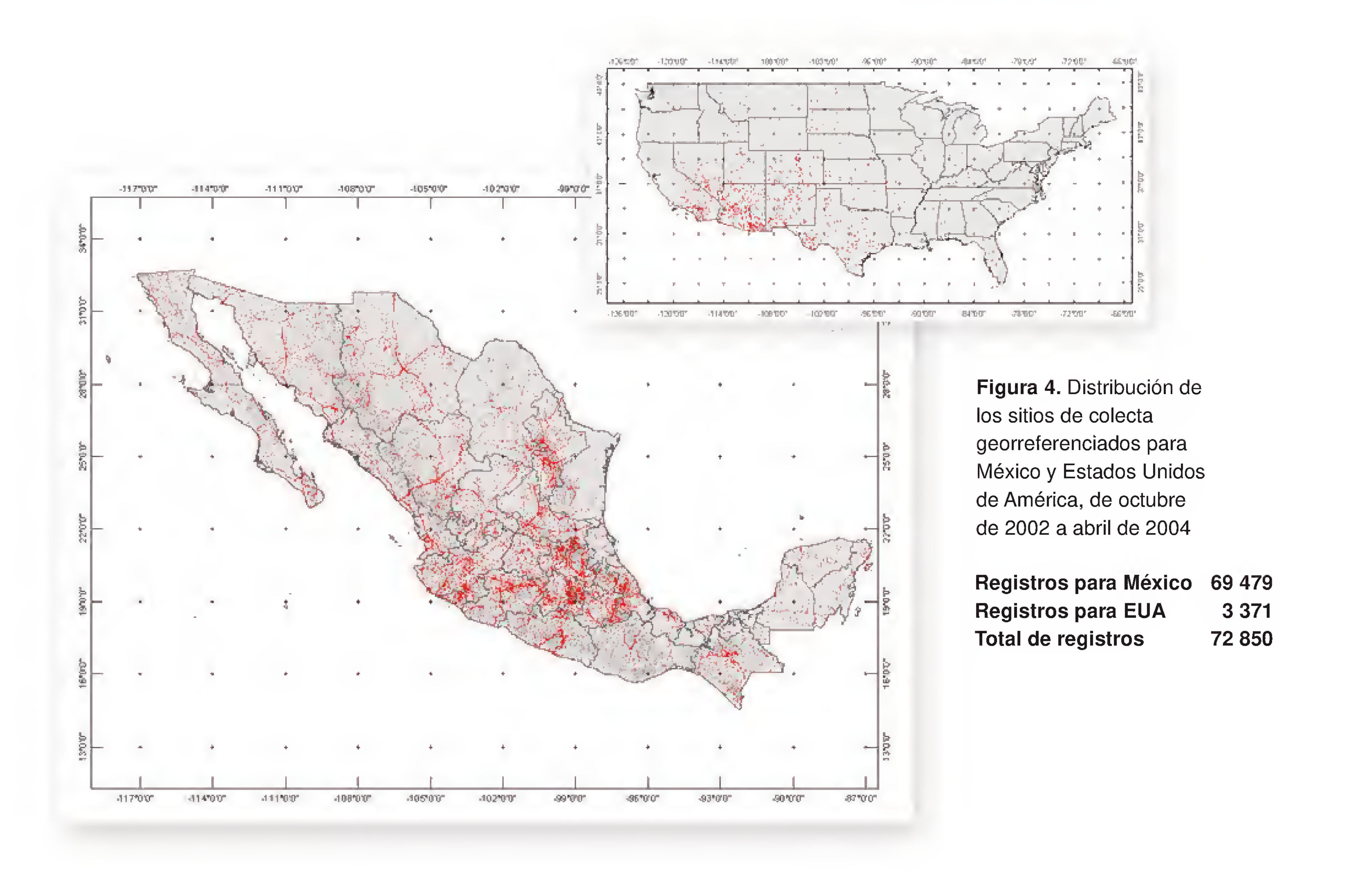


Figura 4. Distribución de los sitios de colecta georreferenciados para México y Estados Unidos de América, de octubre de 2002 a abril de 2004

Registros para México	**69 479**
Registros para EUA	**3 371**
Total de registros	**72 850**

formulario de Access, y 3] por medio de cartografía digital y el uso de un SIG.

1] En cartografía impresa se identifica el rasgo de referencia correspondiente, y utilizando un curvímetro se traza la distancia indicada en la descripción; se puede realizar el trazo por medio de un rasgo como una carretera o "por aire", esto es, midiendo la distancia en línea recta a partir de un punto de origen sin tomar en cuenta el relieve topográfico o las vías de comunicación. Una vez localizado el sitio, se calculan sus coordenadas en el marco de referencia geográfica de la carta impresa.

2] El formulario de Access permite georreferenciar las descripciones que se realicen "por aire". El rasgo de referencia, la distancia y la dirección se introducen en la pantalla de captura, y la ecuación programada en el formulario permite ubicar el punto de coordenadas del sitio.

3] La información cartográfica digital y los gaceteros están organizados en un sistema de información geográfica que permite manipularlos y realizar consultas en ellos. Utilizando el sistema se pueden ubicar los rasgos de referencia que se mencionan en la descripción, trazar las distancias correspondientes y obtener las coordenadas de un sitio determinado.

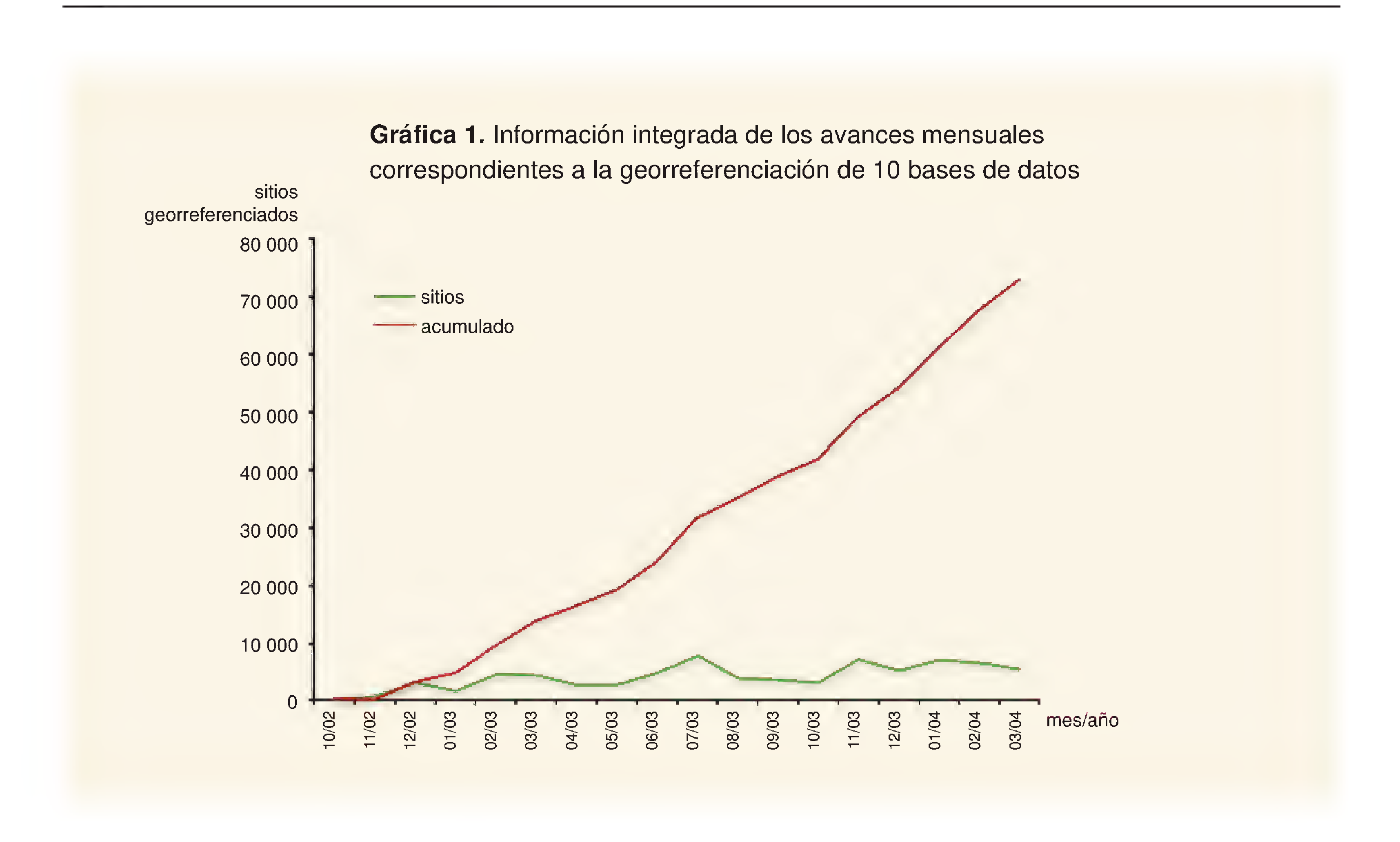
El cálculo de la incertidumbre de una coordenada se puede realizar de forma inmediata utilizando un programa desarrollado en el manejador de bases de datos Access; este programa incorpora una ecuación que cuantifica cada variable involucrada y las adiciona para obtener el valor único de longitud. El formulario también permite asignar coordenadas directamente, sin el uso de cartografía, a ciertas descripciones de localidades que tienen como elementos la población, una dirección y una distancia.

Validación e integración de los resultados

Una vez que se ha concluido la asignación de coordenadas e incertidumbre a todos los registros de una base de datos, el siguiente procedimiento es la validación de las coordenadas al nivel del país y de la entidad. Se genera un mapa de puntos con las coordenadas obtenidas, el cual se sobrepone a un mapa de división estatal a escala 1:250 000 para identificar los puntos que caen fuera del país o de los estados; estos registros se revisan nuevamente. Algunos de los puntos pueden estar fuera de los límites estatales debido a que la descripción tiene un punto de partida y un destino ubicados en dos entidades distintas. Otra causa puede ser que la descripción tiene errores de captura, y los elementos de dirección o distancia sitúan a un punto fuera de los límites.

Finalmente, es necesario inte-

Uno de los objetivos que a mediano plazo se han establecido es la estructuración de un procedimiento de georreferenciación integrado, que pueda ser utilizado por los propios investigadores o los técnicos encargados de crear las bases de datos.



Gráfica 1. Información integrada de los avances mensuales correspondientes a la georreferenciación de 10 bases de datos

grar todas las coordenadas asignadas a la base de datos original de donde fueron extraídos los registros. De esta manera se reintegra la información a la base de datos original, ahora ya con los registros georreferenciados. Es posible consultar la explicación de las razones por las cuales no se pudo asignar una coordenada a un registro determinado. La información nueva debe ser integrada a los inventarios biológicos, de manera que quede disponible para el público en general.

Avances y perspectivas

El área de georreferenciación de la Conabio fue creada en septiembre de 2002 y a la fecha se han logrado varios objetivos. El primero de ellos ha sido la consolidación de un área especializada de georreferenciación y la adaptación de la metodología de MaNIS a los recursos disponibles en la institución, tanto de materiales como de información. Paralelamente se documentó todo el proceso en un manual de procedimientos, que explica técnicamente el proceso y está orientado fundamentalmente a la capacitación del personal. En segundo término, se han trabajado 10 bases de datos que representan un volumen de poco más de 72 000 registros, bases de datos de colectas que están ubicadas tanto en México como en Estados Unidos de América (figura 4 y gráfica 1).

Uno de los objetivos que a mediano plazo se ha establecido en el área ha sido la estructuración de un procedimiento de georreferenciación integrado, que pueda ser utilizado por los propios investigadores o los técnicos encargados de crear las bases de datos. Dicho sistema permitiría el manejo de una cartografía básica en un sistema automatizado, mediante el cual asignarían las coordenadas y la incertidumbre a sus propias colectas. El volumen de datos en los inventarios biológicos que carecen de coordenadas es enorme, de manera que es deseable que progresivamente más gente vaya involucrándose en el proceso de la georreferenciación de registros biológicos.

Bibliografía

Wieczorek, J. 2001. *Georeferencing guidelines*. MaNIS Mammal Networked Information System. Distribución interna.

Wieczorek, J., G. Qinghua y R.J. Hijmans. 2003. *The point-radius method for georeferencing locality descriptions and calculating associated uncertainty*. Distribución interna.

* Subdirección de Sistemas de Información Geográfica, Conabio.

CONSERVACIÓN DE AVES

RECIENTEMENTE PUBLICADO POR CIPAMEX, con el apoyo de la National Fish and Wildlife Foundation y la Conabio, Hector Gómez de Silva y Adán Oliveras de Ita presentan el libro *Conservación de aves. Experiencias en México,* un volumen de 400 páginas que recopila trabajos de más de 50 ornitólogos latinoamericanos, la mayoría de ellos mexicanos.

El libro incluye diversos temas relacionados con el estudio y la conservación de las aves. En los primeros capítulos se presenta un panorama general sobre la diversidad del grupo, particularmente en América Latina, y más adelante se incluyen temas relacionados con las amenazas que enfrenta y los retos para su conservación. Cada capítulo es desarrollado por especialistas en el tema y ejemplificado con estudios de caso que lo enriquecen y que son una muestra de los diferentes enfoques para enfrentar el grave problema de la pérdida de la biodiversidad.

Esta publicación contribuye de manera importante a la divulgación de las investigaciones que, sobre la biodiversidad de nuestro territorio, están realizando los ornitólogos nacionales, ya que, como mencionan los propios editores en la presentación "la historia natural de las aves y las problemáticas y oportunidades para la conservación suelen ser diferentes entre Norteamérica y América Latina."



La CONABIO tiene un centro de documentación e imágenes con libros, revistas, mapas, fotos e ilustraciones sobre temas relacionados con la biodiversidad; más de 1 500 títulos están disponibles al público para su consulta. Además distribuye cerca de 150 títulos que ha coeditado, que pueden adquirirse en sus oficinas a costo de recuperación o donarse a bibliotecas que lo soliciten. Para obtener más información, por favor llame al teléfono 5528-9172, escriba a cendoc@xolo.conabio.gob.mx, o consulte los apartados de Centro de Documentación y de Publicaciones en la página web de la CONABIO (www.conabio.gob.mx).



COMISIÓN NACIONAL
PARA EL CONOCIMIENTO
Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

La misión de la CONABIO es promover, coordinar y apoyar actividades dirigidas a crear, organizar, actualizar y difundir la información sobre la biodiversidad de México, para lograr su conservación, uso y manejo sustentable.

SECRETARIO TÉCNICO: Alberto Cárdenas Jiménez
COORDINADOR NACIONAL: José Sarukhán Kermez
SECRETARIO EJECUTIVO: Jorge Soberón Mainero
DIRECTORA DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS: Ana Luisa Guzmán

COORDINACIÓN Y FOTOGRAFÍAS: Fulvio Eccardi ASISTENTE: Rosalba Becerra
biodiversitas@xolo.conabio.gob.mx
DISEÑO: Luis Almeida, Ricardo Real
PRODUCCIÓN: BioGraphica
IMPRESIÓN: Offset Rebosán, S.A. de C.V.

COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD
Liga Periférico Sur-Insurgentes 4903, Col. Parques del Pedregal, 14010 México, D.F.
Tel. 5528 9100, fax 5528 9131, www.conabio.gob.mx